

УДК 621.43.068.4

# **ДИНАМІКА ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛІНДРО-ПОРШНЕВОЇ ГРУПИ ДВИГУНІВ АВТОМОБІЛІВ ВАЗ ЗАЛЕЖНО ВІД НАПРАЦЮВАННЯ**

**С. О. Магопєць, О. В. Бєвз**

Кіровоградський національний технічний університет

просп. Університетський, 8, 25006, м. Кіровоград, Україна. E-mail: [oleg\\_bevz@ukr.net](mailto:oleg_bevz@ukr.net)

**С. С. Романєнко**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева 20, 39600, м. Кременчук, Україна. E-mail: [nich@kdu.edu.ua](mailto:nich@kdu.edu.ua)

Наведено динаміку зношування деталей циліндро-поршневої групи двигунів автомобілів ВАЗ й визначено причинно-наслідковий характер процесів зношування. Показано, що підвищені зноси поршнів властиві кільцевим канавкам і зоні юбки по перетину, який є перпендикулярним поршневому пальцю. Оцінкою зносів канавок виступає залежність, яка характеризує знос робочих поверхонь канавки під верхнє компресійне кільце, оскільки саме ця канавка найбільш навантажена й має найбільшу інтенсивність зношування. При цьому, інтенсивність зношування кільцевих канавок поршнів невелика, що пояснюється порівняно малими зносами циліндрів блоку двигунів, а поперечний рух кілець у канавці, в результаті якого вона зношується, безпосередньо пов'язаний зі зміною діаметрів циліндра в його верхньому і нижньому поясах.

**Ключові слова:** двигун, зношення, знос, поршень, циліндр, гільза, блок циліндрів, кільце.

## **DYNAMICS OF WEAR OF DETAILS IS CYLINDER OF PISTON GROUP OF ENGINES OF CARS OF VAZ DEPENDING ON WORK**

**S. Magopec, O. Bevz**

Kirovograd National Technical University

prosp. University, 8, 25006, Kirovograd, Ukraine. E-mail: [oleg\\_bevz@ukr.net](mailto:oleg_bevz@ukr.net)

**S. Romanenko**

Mikhailo Ostrogradskyi Kremenchuk National University

vul. Pershotravneva, 20, 39600, Kremenchuk, Ukraine. E-mail: [nich@kdu.edu.ua](mailto:nich@kdu.edu.ua)

In the article the dynamics of wear of details of cylinder and piston group of engines of cars of VASES is resulted and determined cause and effect character of processes of wear. It is shown, that promoted wear of pistons it is incident to the circular ditches and area of skirt on crossing which athwart to the piston finger. As estimation of wears of ditches, dependence which characterizes the wear of working surfaces of ditch under an overhead compression ring is resulted, as exactly this ditch is most loaded and had most intensity of wear. Thus, intensity of wear of circular ditches of pistons is comparatively small, that is explained comparatively by the small wears of cylinders of block of engines, and transversal motion of rings in a ditch, as a result of which she wears out, is directly related to the change of diameters of cylinder in his overhead and lower belts.

**Key words:** engine, wear, piston, cylinder, shell, block cylinder, ring.

## **ДИНАМІКА ИЗНАШИВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ЦИЛИНДРОПОРШНЕВОЙ ГРУППЫ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ ВАЗ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ НАРАБОТКИ**

**С. А. Магопєць, О. В. Бєвз**

Кировоградский национальный технический университет

просп. Университетский, 8, 25006, г. Кировоград, Украина. E-mail: [oleg\\_bevz@ukr.net](mailto:oleg_bevz@ukr.net)

**С. С. Романєнко**

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, 39600, г. Кременчуг, Украина. E-mail: [nich@kdu.edu.ua](mailto:nich@kdu.edu.ua)

Приведена динамика изнашивания деталей цилиндропоршневой группы двигателей автомобилей ВАЗ, и определен причинно-следственный характер процессов изнашивания. Показано, что повышенные износа поршней свойственно кольцевым канавкам и зоне юбки по сечению, перпендикулярному поршневому пальцу. В качестве оценки износов канавок приведена зависимость, характеризующая износ рабочих поверхностей канавки под верхнее компрессионное кольцо, поскольку именно эта канавка наиболее нагружена и имеет наибольшую интенсивность изнашивания. При этом интенсивность изнашивания кольцевых канавок поршней невелика, что объясняется сравнительно малыми износами цилиндров блока двигателей, а поперечное движение колец в канавке, в результате которого она изнашивается, непосредственно связано с изменением диаметров цилиндра в его верхнем и нижнем поясах.

**Ключевые слова:** двигатель, износ, поршень, цилиндр, гильза, блок цилиндров, кольцо.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Довговічність двигуна, надійність роботи його вузлів і деталей і висока паливна економічність є найбільш важливими експлуатаційними якостями двигунів.

За нормальних умов експлуатації двигуна спрацювання його деталей протягом досить тривалого часу роботи збільшується поступово.

Однак, коли спрацювання деталей досягає своєї

граничної величини, у роботі двигуна починають виявлятися різні несправності, для усунення яких необхідно здійснювати ті або інші роботи.

Метою роботи є дослідження та теоретична оцінка динаміки зношування деталей циліндро-поршневої групи.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Вихідний матеріал про стан двигунів ВАЗ із різним напрацюванням зібраний з використанням устаткування посту діагностики спеціалізованого автоцентру ВАТ «Кіровоград-Авто» м. Кіровограду. На динамометричному стенді моделі «Dinatest-122» виробництва фірми «Хофманн» (Hoffmann, Німеччина) випробували двигуни автомобілів ВАЗ різних моделей і з різними пробігами. Розподіл пробігів випробуваних двигунів автомобілів показаний на рис. 1.

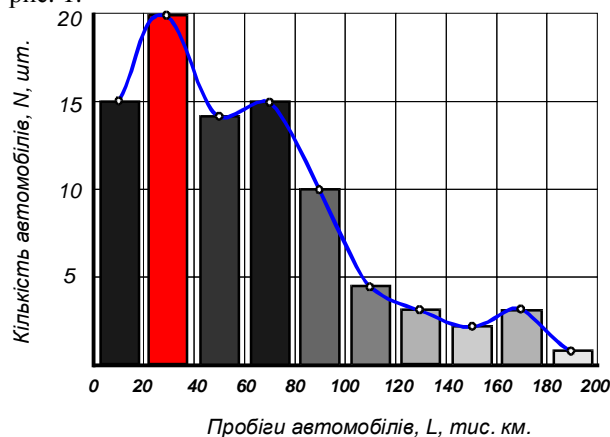


Рисунок 1 – Розподіл пробігів автомобілів на момент проведення випробувань їх двигунів (N – число автомобілів; L – пробіг)

Випробуванням піддавали автомобілі, що знаходилися в цехах автоцентру з різних причин (техобслуговування, різні види ремонту тощо). Випадковість постановки автомобіля на випробування дає підстави вважати отриману вихідну інформацію опосередкованою, а використання при її обробці методів математичної статистики й теорії ймовірності – правомірним.

Під час випробування автомобілів як оціночні показники технічного стану їх двигунів використовувалися наступні параметри:

1. Максимальна потужність –  $N_e$ .
2. Витрата палива на 100 км пройденого шляху при швидкості руху автомобіля 80 км/год –  $G_T$ .
3. Компресія в циліндрах –  $P_K$ .
4. Тиск масла в системі мащення при мінімальній частоті обертання колінчастого вала –  $P_M$ .

Значення цих параметрів знімали з двигунів тільки після проведення відповідних регулювань, якщо вони були необхідні для усунення тих або інших несправностей в роботі як двигуна, так і автомобіля в цілому.

Усього було випробувано 87 автомобілів, з яких 36 автомобілів моделі ВАЗ-21073, 4 – ВАЗ-21093, 22 – ВАЗ-2110, 19 – ВАЗ-21102; 6 – ВАЗ-2115. Первинна обробка результатів випробувань включила в себе обчислення наступних параметрів:

– максимальної потужності  $N$ , двигуна, % від номінальної,

$$dN_e = \left( \frac{N_e}{N_{e,ном}} \right) 100 \%, \quad (1)$$

де  $N_{e,ном}$  – номінальна потужність двигуна;

– витрати палива  $G_T$  на 100 км шляху, % від контрольної,

$$dG_T = \left( \frac{G_T}{G_{T,контр}} \right) 100 \%, \quad (2)$$

де  $G_{T,контр}$  – контрольна витрата палива на 100 км шляху.

Номінальні та контрольні значення розглянутих параметрів приведені в табл. 1.

Для аналітичного опису зміни технічного стану двигуна під час його експлуатації проведена математична обробка результатів випробувань, яка полягала у визначенні кореляційних рівнянь, що характеризують зміну того або іншого оціночного параметра в міру збільшення пробігу автомобіля. Як апроксимуючі функції використовувалися кілька типів рівнянь (показові, логарифмічні, статичні тощо). Вибір рівняння, яке забезпечує найвищу точність апроксимації, а також одержання необхідних характеристик залежностей виконані за відомою методикою [1].

Таблиця 1 – Номінальні та контрольні значення оціночних параметрів двигунів ВАЗ

Параметр	Модель автомобіля				
	21073	21093	2110	21102	2115
Номінальна потужність $N_e$ , кВт	54,8	51,5	51,5	52,6	58,7
Контрольна витрата палива $G_{T,контр}$ , л/100 км	8,0	8,5	8,4	8,2	8,5
Тиск масла в системі мащення при мінімальній частоті обертання колінчастого вала $P_M$ , МПа	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Компресія в циліндрах $P_K$ , МПа	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2

У результаті обробки даних випробувань було виявлено, що необхідна точність апроксимації досягається при використанні кореляційних рівнянь (рис. 2):

$$N_e = 100,35 \cdot \exp[-4,01 \cdot 10^{-4} L - 2,1 \cdot 10^{-5} L^2 - 2,1 \cdot 10^{-7} L^3];$$

$$P_N = 1,172 \exp[-7,56 \cdot 10^{-4} L - 5,4 \cdot 10^{-7} L^2];$$

$$G_T = 97,49 \exp[4,7 \cdot 10^{-2} L + 3,2 \cdot 10^{-3} L^2];$$

$$P_M = 0,0547 \exp[-3,54 \cdot 10^{-4} L - 4,2 \cdot 10^{-6} L^2].$$

Аналіз отриманих результатів показує, що двигуни ВАЗ зберігають свої первинні властивості на досить великому інтервалі напрацювання. Так, 10%-

ве зниження максимальної потужності спостерігається на пробігу близько 140 тис. км, а 10%-не збільшення витрати палива – приблизно до 150 тис. км.

Порівняно непогана стабільність спостерігається й за іншими оціночними параметрами.

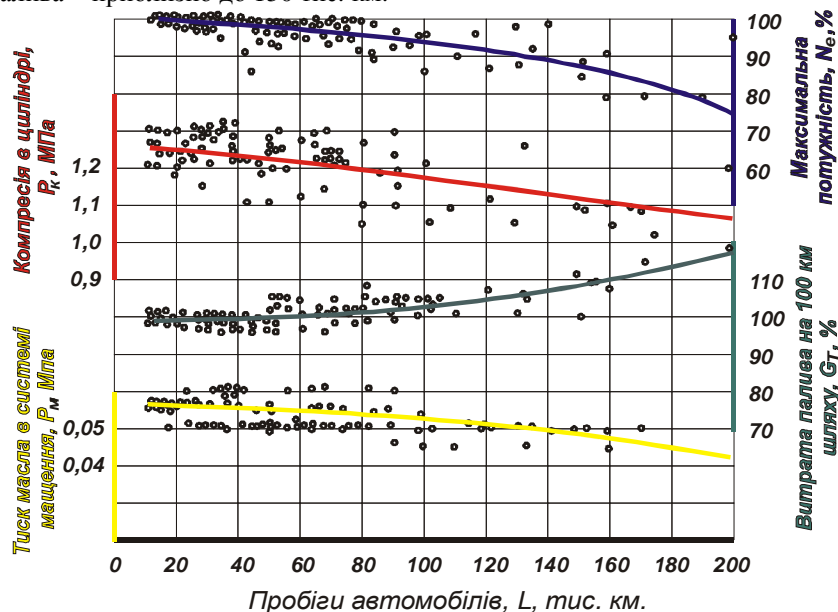


Рисунок 2 – Зміна основних оцінних параметрів стану двигунів автомобілів ВАЗ залежно від їх пробігу

На наступному етапі досліджень визначалися характеристики зношування основних деталей двигуна методом мікрометражу та за допомогою металографічного аналізу. Всього промікрометровано 34 двигуна: 14 автомобілів ВАЗ-21073, 3 – ВАЗ-21093, 7 – ВАЗ-2110, 10 – ВАЗ-2115. Розподіл пробігів автомобілів на момент проведення робіт із мікрометражу наведений на рис. 3.

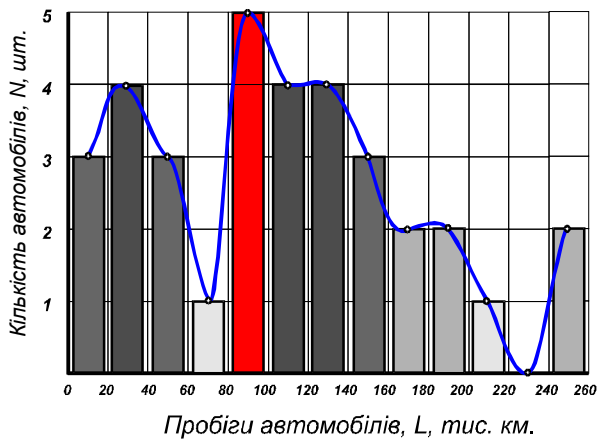


Рисунок 3 – Розподіл пробігів автомобілів на момент проведення мікрометражу основних деталей їх двигунів

Мікрометражу піддавали робочі поверхні наступних деталей двигунів: циліндрів блоку, поршнів, поршневих кілець, шийок колінчастого вала та клапанів. На окремих двигунах, пробіг яких перевищував 50 тис. км, перевіряли герметичність клапанних гнізд головок блоків, а також зазори між стрижнями клапанів і напрямними втулками. Крім того, у двигунів із пробігом більш 100 тис. км перевіряли наяв-

ність деформації блоку циліндрів по площині з'єднання його з головкою.

Під час вимірів розмірів деталей використовували гладкі мікрометри, індикатори-нутроміри, трубний мікрометр, набір щупів. За допомогою набору щупів визначали також знос поршневих кілець і кільцевих канавок поршнів.

Досліджувані деталі вимірювали відповідно до мікрометражних карт, розроблених у лабораторії метрології керування головного конструктора ЗАТ «АвтоВАЗ» (м. Тольяті, Росія). У зв'язку із тим, що дані про розміри деталей перед початком їх експлуатації були відсутні, за знос деталей типу «отвір» прийняте відхилення розміру робочої поверхні обмірюваної деталі від верхньої, а для деталей типу «вал» — від нижньої межі допусків номінальних розмірів.

Слід зазначити, що дані про зноси досліджуваних деталей в роботі приведені не за всіма розмірами, що контролюються згідно з мікрометражними картами, а лише за тими позиціями, зміну яких можна було вимірити мір'яльним інструментом, використаним у виконаних дослідженнях. Що ж стосується зносів деталей за іншими розмірами, приведені у картах, але відсутні у даній роботі, то вони на пробігах двигунів до 200 тис. км знаходяться в межах 0,01 мм.

Математична обробка результатів мікрометражу з метою визначення кореляційних залежностей, що описують динаміку наростання зносів деталей в міру збільшення пробігу автомобіля, проведена за допомогою методикою [1].

У зв'язку із тим, що в конструкцію двигуна входять декілька однойменних деталей по ряду позицій, то можливий розкид зносів, які відповідають тому

самому пробігові й тому самому двигуну. З урахуванням цієї обставини при формуванні вихідних даних для виявлення кореляційних залежностей зносу деталей від їх напрацювання з кожного обстеженого двигуна для кожного контрольованого розміру ми використовували лише по одному значенню зносу, який є максимальним із усієї сукупності однойменних розмірів деталей одного двигуна.

Такий підбір вихідних даних дає підставу використовувати отримані залежності як середні з максимальних оцінок зносів досліджуваних деталей.

Проведені дослідження основних деталей циліндро-поршневої групи (ЦПГ) двигуна – циліндрів блоку, поршнів і поршневих кілець виявили, що на двигунах ВАЗ знос деталей цієї групи характеризується різко вираженою нерівномірністю (рис. 4, 5).

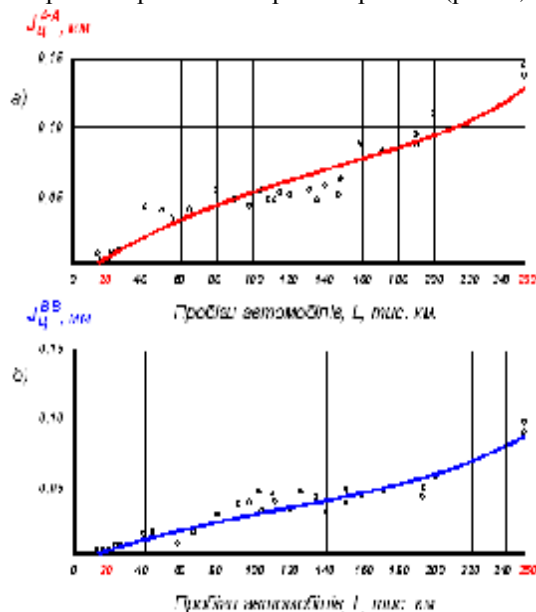


Рисунок 4 – Зміна зносів циліндрів блоку в зоні зупинки верхнього компресійного кільця у верхній мертвій крапці в залежності від пробігу ( $20 \text{ тис. км} \leq L \leq 250 \text{ тис. км}$ ):

а) по перетину, перпендикулярному до вісі колінчастого вала,

$$-J_{ц/A-A} = 7,312 \cdot 10^{-3} \exp \left[ \frac{3,166 \cdot 10^{-2} L - 1,707 \cdot 10^{-4} L^2}{+ 3,647 \cdot 10^{-7} L^3} \right];$$

б) по перетину, рівнобіжному осі колінчастого вала,

$$-J_{ц/B-B} = 6,425 \cdot 10^{-4} \exp \left[ \frac{6,567 \cdot 10^{-2} L - 3,924 \cdot 10^{-4} L^2}{+ 8,241 \cdot 10^{-7} L^3} \right].$$

Так, якщо знос поршнів і циліндрів на пробігу до 200 тис. км знаходиться, як правило, в межах 0,10 мм, то знос поршневих кілець за їх радіальною товщиною, виражений у збільшенні зазору в замку, вже на пробігу 140...160 тис. км може досягати 2...3 мм при монтажному зазорі 0,20...0,35 мм. Еюра розподілу зносів по різних поясах й перетинах стінок циліндрів двигунів ВАЗ є типовою картиною зносів багатьох бензинових карбюраторних (інжекторних) двигунів. Різко виражений максимум збільшення діаметрів циліндрів спостерігається в зоні зупинки

першого компресійного кільця при положенні поршня у верхній мертвій точці. При цьому найбільші зноси приходяться на площину, перпендикулярну до вісі колінчастого вала. Зноси в цих напрямках, як правило, у 1,5...2,0 рази більші, ніж у площинах, рівнобіжних осі колінчастого вала. Висота зони максимальних зносів складає приблизно 10...15 мм. Нижче цієї ділянки знос зменшується, і на крайніх нижніх поясах у двигунів із пробігом 150...200 тис. км він знаходиться в межах 0,01...0,02 мм.

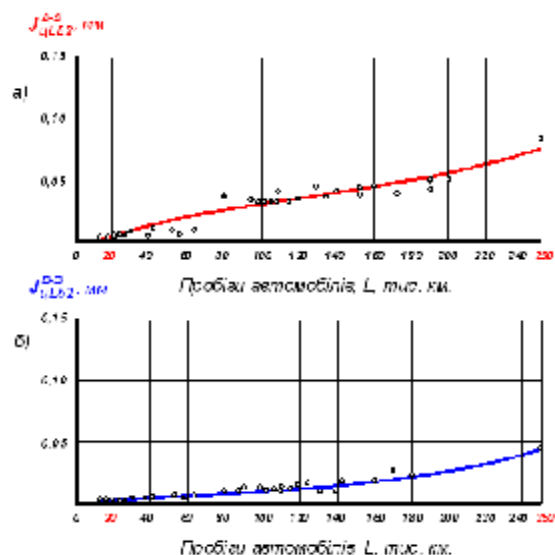


Рисунок 5 – Зміна зносів циліндрів блоку по поясу, розташованому на відстані 52 мм від площини прилягання головки блоку з блоком циліндрів, залежно від пробігу при ( $20 \text{ тис. км} \leq L \leq 250 \text{ тис. км}$ ):

а) по перетину, перпендикулярному до вісі колінчастого вала,

$$-J_{ц/52}^{A-A} = 9,632 \cdot 10^{-4} \exp \left[ \frac{5,568 \cdot 10^{-2} L - 3,056 \cdot 10^{-4} L^2}{+ 6,006 \cdot 10^{-7} L^3} \right];$$

б) по перетину, рівнобіжному вісі колінчастого вала,

$$-J_{ц/52}^{B-B} = 1,091 \cdot 10^{-3} \exp \left[ \frac{3,502 \cdot 10^{-2} L - 1,706 \cdot 10^{-4} L^2}{+ 3,449 \cdot 10^{-7} L^3} \right].$$

На рис. 4 і 5 наведені характеристики зношування циліндрів блоку по перетинах А-А й В-В у зоні максимальних зносів (у зоні зупинки верхнього компресійного кільця) та на ділянці, розташованій нижче верхніх крайок циліндрів на відстані 52 мм. Як видно з графіків (рис. 6), знос циліндрів у верхньому поясі на всьому інтервалі пробігу від нуля до 250 тис. км приблизно в два рази більший, ніж у нижньому.

Зношування другого (нижнього) пояса нами було розглянуто в зв'язку із тим, що положеннями про ремонт автомобілів ВАЗ [2] граничний знос циліндрів й юбки поршнів лімітується не максимальною зміною діаметра кожної деталі окремо, а зазором між ними, що вимірюється в площині, перпендикулярній до вісі колінчастого вала, на відстані 52,4 мм від днища поршня. З обліком зносів юбки поршня



$J_n^{\text{го}}$  (рис. 7), циліндрів блоку на відстані 52 мм від верхньої крайки  $J_{\text{ц}/52}^{A-A}$  й монтажного зазору  $d_{\text{н.ц.}}$ , зазор між поршнем і циліндром  $d_{\text{н.ц.}}^{A-A}$ , мм, по перетину А-А буде визначатися наступною сумою:

$$d_{\text{н.ц.}}^{A-A} = d_{\text{н.ц.}} + J_n^{\text{го}} + J_{\text{ц}/52}^{A-A}. \quad (3)$$

На основі отриманих кореляційних залежностей  $J_n^{\text{го}} = f(L)$  та  $J_{\text{ц}/52}^{A-A} = f(L)$ , наведених на рис. 5, а та б, а також величини  $d_{\text{н.ц.}} = 0,06 \text{ мм}$  [2], зміна зазору  $d_{\text{н.ц.}}^{A-A}$  залежно від напрацювання двигуна описується наступним рівнянням:

$$d_{\text{н.ц.}}^{A-A} = 0,06 + \left[ 2,193 \cdot 10^{-3} \exp \left[ 3,926 \cdot 10^{-2} L - 1,548 \cdot 10^{-4} L^2 + 2,409 \cdot 10^{-7} L^3 \right] + 9,632 \cdot 10^{-4} \exp \left[ 5,568 \cdot 10^{-2} L - 3,056 \cdot 10^{-4} L^2 + 6,006 \cdot 10^{-7} L^3 \right] \right] \quad (4)$$

де  $L$  – пробіг, тис. км

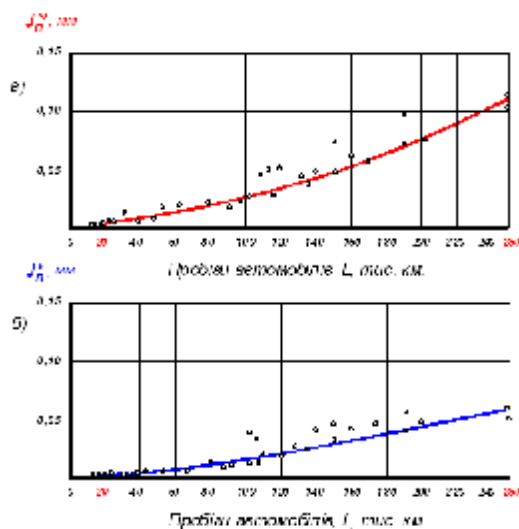


Рисунок 6 – Залежності зносів поршнів від пробігу при ( $20 \text{ тис. км} \leq L \leq 250 \text{ тис. км}$ ):

а) юбка поршня по перетину, перпендикулярному до вісі поршневого пальця, на відстані 52 мм від днища

$$- J_n^{\text{го}} = 2,193 \cdot 10^{-3} \exp \left[ 3,926 \cdot 10^{-2} L - 1,548 \cdot 10^{-4} L^2 + 2,409 \cdot 10^{-7} L^3 \right];$$

б) висота канавки для верхнього компресійного кільця,

$$- J_n^{\text{к}} = 1,285 \cdot 10^{-3} \exp \left[ 3,603 \cdot 10^{-2} L - 1,220 \cdot 10^{-4} L^2 + 1,565 \cdot 10^{-7} L^3 \right].$$



Рисунок 7 – Зноси головки та юбки поршня

На рис. 8 рівняння (4) наведено в графічній формі. З його аналізу видно, що граничний зазор  $d_{\text{н.ц.}}^{A-A} = 0,15 \text{ мм}$  накопичується до пробігу 160 тис. км.

Нерівномірно розподіляються зноси й по циліндрах того ж самого блоку: найбільші спостерігаються в крайніх (перших і четвертому) циліндрах, що, вочевидь, пов'язано з більш інтенсивним їх охолодженням в процесі роботи. При пробігах 150...200 тис. км найбільша різниця в максимальних зносах крайніх і середніх циліндрів за даними мікрометражу складає 0,02...0,03 мм.

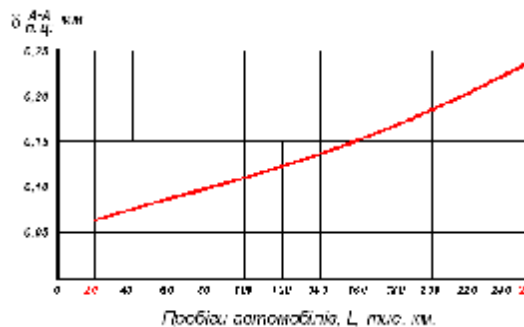


Рисунок 8 – Зміна зазору  $d_{\text{н.ц.}}^{A-A}$  в площині, перпендикулярній до вісі колінчатого вала, на відстані 52 мм від поверхні спряження головки блоку з блоком циліндрів залежно від пробігу при  $20 \text{ тис. км} \leq L \leq 250 \text{ тис. км}$

Як уже відзначалося, блок двигунів із пробігом більш 100 тис. км перевіряли також на наявність деформацій у площині спряження його з головкою. У всіх обстежених двигунів яких-небудь відхилень контрольованих площин від поверхні перевірконої плити виявлено не було, що свідчить про досить високу твердість й міцність блоків циліндрів двигунів ВАЗ.

Знос поршневих кілець оцінювали за двома перетинами: по висоті та по радіальній товщині. Як показали результати вимірів, інтенсивність зносу кілець по висоті порівняно мала, й при пробігу до 100...150 тис. км висоти маслосіймних і інших компресійних кілець змінюються настільки незначно, що за допомогою мікрометрів, точність виміру яких складає 0,01 мм, знос практично невизначений. Тому можна вважати, що для двигунів із пробігом до 100...150 тис. км знос маслосіймних і нижніх компресійних кілець по висоті знаходиться в межах 0,01 мм. Що ж стосується верхніх компресійних кілець, то їх знос трохи більший, і на двигунах із тим же пробігом зменшення висоти досягає 0,01...0,02 мм. Як видно з приведених цифр, інтенсивність зношування кілець по висоті мала, в зв'язку з чим динаміка зміни висот кілець не досліджувалася.

Основний знос кілець полягає в зміні їх радіальної товщини, що в остаточному підсумку позначається на зміні зазору в замку, а отже, і на працездатності всієї ЦПГ. Виходячи із цього, зазор у замку кілець у даних дослідженнях прийнятий як основний критерій оцінки їх стану.

Темпи росту зазору в замку кілець набагато перевершують темпи збільшення зносів всіх інших деталей, розглянутих в даній роботі, а стосовно деяким з них – у десятки й навіть сотню разів. Як показали результати виконаних досліджень, найбільшому зносу піддаються маслосійомні кільця, незважаючи на те, що вони працюють у більш сприятливих умовах порівняно з компресійними кільцями, інтенсивність зношування яких трохи менша (рис. 9).

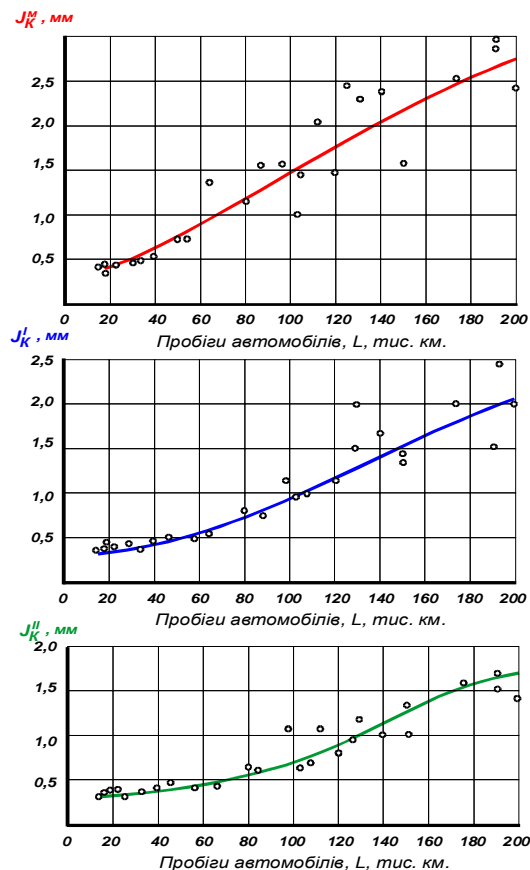


Рисунок 9 – Зміна зазору в замку поршневих кілець в залежності від пробігу при  $20 \text{ тис. км} \leq L \leq 250 \text{ тис. км}$ :

а) маслосійомне

$$-J_k^m = 0,230 \exp \left[ \frac{2,917 \cdot 10^{-2} L - 1,193 \cdot 10^{-4} L^2 + 1,755 \cdot 10^{-7} L^3}{1,755 \cdot 10^{-7} L^3} \right];$$

б) перше компресійне

$$-J_k^1 = 0,217 \exp \left[ \frac{1,858 \cdot 10^{-2} L - 4,002 \cdot 10^{-4} L^2 + 1,712 \cdot 10^{-8} L^3}{1,712 \cdot 10^{-8} L^3} \right];$$

в) друге компресійне

$$-J_k^2 = 0,248 \exp \left[ \frac{1,002 \cdot 10^{-2} L + 1,399 \cdot 10^{-5} L^2 - 8,369 \cdot 10^{-8} L^3}{-8,369 \cdot 10^{-8} L^3} \right].$$

Підвищена швидкість зношування маслосійомних кілець порівняно з компресійними пояснюється насамперед їх конструктивними особливостями, які полягають у тому, що перетин перших має П-подібну форму й площу контакту їх із поверхнею циліндра меншу, ніж площу контакту в останніх. Якщо висота робочих крайок, що стикаються з поверхнею циліндра у маслосійомних кільцях в сумі складає близько 0,6 мм, то в компресійних кільцях вона приблизно в два рази більша. В той же час тан-

генціальне навантаження, тобто зусилля розширення у маслосійомних кільцях в зборі з розширювачем, складає 40...55 Н, а в компресійних 11,2...16,2 Н – для верхніх та 10,8...15,6 Н – для нижніх. У результаті цього питомі тиски робочих крайок маслосійомних кілець на поверхню циліндрів приблизно в шість разів вищі, ніж у компресійних.

Для того, щоб охарактеризувати зміну товщини кілець по їх окружності, треба відзначити, які найбільші зноси спостерігаються в стику, тобто в замку, а також у протилежній йому стороні; це пов'язано з розподілом тиску кілець на стінки циліндрів. Варто також зазначити, що приведені на рис. 9 криві, характеризують зміну зазору в замку кілець тільки лише за рахунок їх зносу по радіальній товщині. Якщо ж розглядати зазори, з якими кільця працюють в циліндрі при переміщенні поршня в межах його робочого ходу, то вони будуть ще більші. Це збільшення відбувається за рахунок зносу циліндра за діаметром. Кожне 0,01 мм збільшення діаметра збільшує зазор у замку кілець на 0,0314 мм. Так, при зносі циліндра на 0,05 мм, що відповідає пробігу 100...120 тис. км, додаткове збільшення зазору складає близько 0,16 мм.

Знос поршнів двигунів ВАЗ оцінювали за виміром розмірів трьох основних робочих поверхонь: діаметра юбки, висот канавок для кілець і діаметра бобишок.

**ВИСНОВКИ.** Встановлено, що з усіх розмірів поршнів, що підлягали мікрометражу, найменші зноси спостерігаються в їх бобишках. Проведені дослідження підтверджують, що максимальний зазор (знос) у сполученні «палець – бобишка поршня» у всіх обстежених двигунів настільки малий, що точність вимірювального інструменту не дозволяє його виявити, а підвищені зноси поршнів властиві кільцевим канавкам і зоні юбки за перетином, який перпендикулярний до поршневого пальця. Оцінкою зносів канавок виступає залежність, яка дозволяє характеризувати знос робочих поверхонь канавки під верхнє компресійне кільце, оскільки саме ця канавка найбільш навантажена й інтенсивно зношується.

Показано, що інтенсивність зношування кільцевих канавок поршнів порівняно невелика та пояснюється, насамперед, порівняно малими зносами циліндрів блоку, оскільки поперечний рух кілець у канавці, в результаті якого вона зношується, безпосередньо пов'язаний зі зміною діаметрів циліндра в його верхньому і нижньому поясах.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Карагодин В.И. Ремонт автомобилей и двигателей. – М.: Мастерство, 2001. – 496 с.
2. ВАЗ 2110, 211, 2112. Официальное издание АО «АвтоВАЗ». Руководство по эксплуатации, ремонту и техническому обслуживанию. – М.: Атлас-ПРЕСС, 2003. – 223 с.

#### REFERENCES

1. Karagodin V.I. Repair of motor vehicles and engines. – M.: Skill, 2001. – 496 p. [in Russian].
2. VAZ 2110, 211, 2112. Official publication of JSC «AvtoVAZ». Manual operation, repair and maintenance. – M.: Atlas Press, 2003. – 223 p. [in Russian].

Стаття надійшла 16.12.10.

Рекомендована до друку  
д.т.н., проф. Саленком О.Ф.